

Janusz Smagacz

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

UPRAWA ROLI JAKO ELEMENT ZRÓWNOWAŻENIA ŚRODOWISKOWEGO PRODUKCJI ROŚLINNEJ*

Słowa kluczowe: konserwująca uprawa roli, rolnictwo zrównoważone, właściwości gleby

Wstęp

Znaczna degradacja środowiska glebowego spowodowana intensywną uprawą roli wymusza poszukiwanie nowych technik uprawy sprzyjających ochronie gleby i bioróżnorodności. W ostatnich latach w krajach UE w ramach rozwoju rolnictwa zrównoważonego, które zakłada wzrost produkcji w warunkach racjonalnego wykorzystania zasobów środowiska przyrodniczego, promuje się w coraz większym stopniu różne techniki bezplużnej uprawy roli, często określane mianem uprawy zachowawczej lub konserwującej (5). Taki sposób uprawy ogranicza w znacznym stopniu nadmierną mineralizację glebowej materii organicznej, erozję i zagęszczenie gleby, wymywanie składników pokarmowych i związków toksycznych w glebie (29, 30).

Uprawa konserwująca (conservation tillage) jest elementem technologii, której głównym celem jest zachowanie naturalnych zasobów środowiska przy równoczesnym osiągnięciu dużych plonów. Uprawa ta bazuje na wspieraniu naturalnych procesów biologicznych w glebie. Wszelkiego rodzaju zabiegi uprawowe są zredukowane do niezbędnego minimum. Uprawę konserwującą, według *F r i e d r i c h a i in.* (6), określają trzy podstawowe cechy:

- ograniczona ilość i intensywność zabiegów uprawowych;
- całoroczne przykrycie powierzchni gleby mulczem z resztek poźniowych lub roślin okrywowych (międzyplonów);
- zmianowanie umożliwiające uprawę międzyplonów.

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.4 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

Podstawową zaletą uprawy konserwującej jest nieodwracanie wierzchniej warstwy gleby, co w praktyce przekłada się na eliminowanie pługa. Na powierzchni gleby, w zależności od intensywności i głębokości uprawy, pozostaje przynajmniej 30% powierzchni gleby pokrytej resztkami pozbiorowymi rośliny przedplonowej lub międzyplonu (17). Ekstremalnym rodzajem uprawy konserwującej jest siew bezpośredni, przy którym uprawa roli ogranicza się do spulchnienia bruzdki siewnej. W trakcie siewu następuje wysianie nasion na dno rowka siewnego w nieuprawioną rolę (22).

Europejskie Stowarzyszenie Rolnictwa Konserwującego (ECAAF) określa uprawę konserwującą jako sposób gospodarowania glebą minimalizujący zaburzenia w jej strukturze i bioróżnorodności, a także ograniczający erozję i degradację gleby oraz straty wody. Obecnie ze względu na duże koszty tradycyjnej uprawy płużnej stosuje się w coraz większym zakresie różne systemy uprawy bezorkowej, które wpływają korzystnie na środowisko glebowe. Taki system przygotowania pola pod zasiew zdecydowanie ogranicza erozję wodną i wietrzną, stymuluje różnorodność biologiczną gleby, stabilizuje agregaty glebowe oraz podwyższa zawartość substancji organicznej i makroelementów w powierzchniowej warstwie gleby (29, 31).

Aktualnie wyróżnia się zasadniczo trzy systemy uprawy roli:

- tradycyjny – plużny;
- bezorkowy – bezplużny, pług zastępowany jest tu innymi narzędziami uprawowymi, np. broną talerzową, kultywatorem ścierniskowym, spulchniaczem obrotowym i in.;
- siew bezpośredni – siew w rolę nieuprawioną, tj. od zbioru przedplonu do wysiewu rośliny następczej nie wykonuje się żadnych zabiegów uprawowych.

W Polsce dominuje uprawa plużna, natomiast pozostałe sposoby uprawy roli stanowią zaledwie 9% ogólnej powierzchni pod zasiewami (tab. 1).

Tabela 1

Sposoby uprawy roli w Polsce

Sposób uprawy roli	Gospodarstwo rolne		Powierzchnia uprawy	
	liczba (tys.)	%	tys. ha	%
Orka pługiem	1255,1	88,2	8861,9	91,1
Uprawa konserwująca	129,7	9,1	466,0	4,8
Siew bezpośredni	38,6	2,7	402,9	4,1
Razem	1423,4	100	9730,8	100

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS, 2012 (9)

Istotnym kryterium oceny różnych sposobów uprawy roli jest określenie ich wpływu na środowisko glebowe, czyli na wybrane właściwości chemiczne, fizyczne i biologiczne gleby.

Właściwości chemiczne gleby

Stosowanie różnych technik uprawy roli prowadzi zwykle do zmian zawartości i nierównomierności rozmieszczenia w glebie składników pokarmowych oraz ich dostępności dla roślin. System uprawy konserwującej (uprawa uproszczona, siew bezpośredni) już w pierwszych latach stosowania zwiększa kumulację makro- i mikroelementów w powierzchniowej warstwie gleby (12). Stwierdza się również znaczne nagromadzenie materii organicznej na powierzchni gleby, co sprzyja intensywnemu rozwojowi mikroorganizmów glebowych i fauny glebowej, np. dżdżownic, co może powodować przejściową immobilizację azotu. Jednak po rozłożeniu materii organicznej, w wyniku zwiększonej aktywności biologicznej gleby, azot przechodzi ponownie w formy dostępne dla roślin. Po kilku latach stosowania uprawy bezpługowej, w powierzchniowej warstwie gleby ustala się ponownie równowaga pomiędzy zwiększoną zawartością węgla organicznego i formami mineralnymi azotu.

Niektóre wyniki badań wskazują, że system siewu bezpośredniego wpływa na obniżenie odczynu gleby, szczególnie w jej powierzchniowej warstwie (2, 31). Badania wykazały również, że uprawa płuzna może w ciągu 20 lat zmniejszyć zawartość substancji organicznej w glebie nawet o 50% (16). Tak duże straty substancji organicznej są spowodowane przyspieszoną jej mineralizacją w wyniku intensywnego mieszania gleby, a przede wszystkim zwiększoną erozją wietrzną i wodną w rejonach o dużym nasileniu tych procesów. Natomiast uprawa konserwująca przyczynia się do podwyższenia zawartości węgla organicznego oraz azotu w powierzchniowej warstwie gleby (21). Zwiększa się również zawartość fosforu, potasu i magnezu. Współdziałanie temperatury, wody i powietrza glebowego zmienia nie tylko intensywność oddziaływania mikroflory glebowej, lecz również czas, w którym aktywność mikrobiologiczna jest największa. W związku z tym znaczna ilość azotu jest wiązana w formach organicznych, co obniża ilość azotanów wypłukiwanych do wód gruntowych i powierzchniowych. Przy dłuższym stosowaniu uprawy konserwującej nie należy jednak aplikować wyższych dawek nawożenia azotowego, ponieważ w wyniku ustalenia nowej równowagi (zwiększona ilość C i N w górnych warstwach gleby) w środowisku glebowym następuje również zwiększona mineralizacja azotu.

Wieloletnie badania przeprowadzone przez różnych autorów (2, 5, 12) wskazują, że uprawa bezpługowa, tj. uprawa uproszczona i siew bezpośredni, zwiększa w powierzchniowej warstwie gleby zawartość węgla organicznego, azotu ogólnego, przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu w porównaniu z tradycyjną – płuzną uprawą roli. Podobne zależności stwierdzono również w badaniach własnych (26) (tab. 2–6).

Tabela 2

Zawartość próchnicy (%) po zbiorze pszenicy ozimej w zależności od systemu uprawy roli i warstwy gleby (GI Rogów średnia z lat 2010–2013)

Warstwa gleby	System uprawy roli			Średnia
	płużny	bezorkowy	siew bezpośredni	
0–5	1,55	1,94	2,21	1,90
5–15	1,64	1,79	1,64	1,69
15–30	1,44	1,14	1,29	1,29
NIR _(0,05) dla: systemu uprawy – 0,11; warstwy gleby – 0,18				

Źródło: Smagacz, 2014 (26)

Tabela 3

Zawartość przyswajalnego fosforu (mg P·kg⁻¹ gleby) po zbiorze pszenicy ozimej w zależności od systemu uprawy roli i warstwy gleby (GI Rogów średnia z lat 2010–2013)

Warstwa gleby	System uprawy roli			Średnia
	płużny	bezorkowy	siew bezpośredni	
0–5	167	228	289	228
5–15	176	206	238	207
15–30	155	117	151	141
NIR _(0,05) dla: systemu uprawy – 24; warstwy gleby – 26				

Źródło: Smagacz, 2014 (26)

Tabela 4

Zawartość przyswajalnego potasu (mg K·kg⁻¹ gleby) po zbiorze pszenicy ozimej w zależności od systemu uprawy roli i warstwy gleby (GI Rogów średnia z lat 2010–2013)

Warstwa gleby	System uprawy roli			Średnia
	płużny	bezorkowy	siew bezpośredni	
0–5	238	324	406	323
5–15	226	287	313	275
15–30	227	189	231	216
NIR _(0,05) dla: systemu uprawy – 42; warstwy gleby – 35				

Źródło: Smagacz, 2014 (26)

Tabela 5

Zawartość przyswajalnego magnezu ($\text{mg Mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby) po zbiorze pszenicy ozimej w zależności od systemu uprawy roli i warstwy gleby (GI Rogów średnia z lat 2010–2013)

Warstwa gleby	System uprawy roli			Średnia
	plużny	bezorkowy	siew bezpośredni	
0–5	72	78	70	73
5–15	71	78	65	71
15–30	78	85	71	78

NIR_(0,05) dla: systemu uprawy – r.n.; warstwy gleby – r.n.

r.n. – różnice nieistotne

Źródło: Smagacz, 2014 (26)

Tabela 6

Odczyn gleby (pH w 1M KCl) po zbiorze pszenicy ozimej w zależności od systemu uprawy roli i warstwy gleby (GI Rogów średnia z lat 2010–2013)

Warstwa gleby	System uprawy roli			Średnia
	plużny	bezorkowy	siew bezpośredni	
0–5	6,1	6,4	6,7	6,4
5–15	6,5	6,6	6,6	6,6
15–30	6,3	6,3	6,2	6,3

NIR_(0,05) dla: systemu uprawy – r.n.; warstwy gleby – r.n.

r.n. – różnice nieistotne

Źródło: Smagacz, 2014 (26)

Właściwości fizyczne gleby

Duży wpływ na właściwości fizyczne gleby ma dobór narzędzi uprawowych, głębokość ich pracy, częstotliwość wykonywania uprawek, rodzaj gleby oraz jej wilgotność w trakcie wykonywania zabiegu. Niekiedy liczba zabiegów uprawowych jest na tyle duża, że dochodzi do niszczenia struktury gleby i nadmiernego jej zagęszczenia.

Stosując uprawę bezorkową (uprawa uproszczona, siew bezpośredni), unika się częstego spulchniania gleby, a jednocześnie zmniejsza się liczbę przejazdów maszyn i narzędzi uprawowych, co ma pozytywny wpływ na stan fizyczny gleby. Jednakże stosowanie siewu bezpośredniego prowadzi do wzrostu gęstości i zwięzłości gleby, szczególnie w wierzchnich jej warstwach i w pierwszych latach stosowania takiego sposobu uprawy (19, 20, 23).

Wyniki wieloletnich badań nad stosowaniem systemów bezorkowych wskazują również na możliwość poprawy właściwości fizycznych gleby (w porównaniu z uprawą plużną) w rezultacie wzrostu zawartości glebowej materii organicznej (próchnicy), powstania trwałej struktury gruzelkowej oraz zwiększeniu życia biologicznego, zwłaszcza populacji dżdżownic (1, 10, 11, 21). W dłuższym okresie stosowania ta-

kiego sposobu uprawy zwiększa się retencja wodna, natomiast zmniejsza zlewność i skłonność gleby do zaskorupiania się (12, 21, 23). Podobne zależności zanotowano również w badaniach Jaskulskiego i in. (13) (tab. 7–9).

Tabela 7

Gęstość gleby ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$) w warstwie 0–30 cm przed siewem i w okresie wegetacji kukurydzy w zależności od przedplonu i sposobu uprawy roli

Uprawa roli	Przedplon			Średnia
	pszenica ozima	jęczmień jary	kukurydza	
przed siewem				
Płużna	1,52	1,54	1,54	1,53
Bezorkowa głęboka	1,59	1,60	1,59	1,59
Bezorkowa płytka	1,62	1,64	1,64	1,63
Średnia	1,58	1,59	1,59	-
NIR _(0,05) dla: przedplonu – r.n.; uprawy roli – 0,015; interakcji – r.n.				
faza BBCH 32-37				
Płużna	1,61	1,61	1,59	1,60
Bezorkowa głęboka	1,63	1,65	1,62	1,63
Bezorkowa płytka	1,65	1,64	1,65	1,65
Średnia	1,63	1,63	1,62	-
NIR _(0,05) dla: przedplonu – r.n.; uprawy roli – 0,016; interakcji – r.n.				

r.n. – różnice nieistotne

Źródło: Jaskulski i in., 2015 (13)

Tabela 8

Zwięzłość gleby (MPa) w warstwie 0–30 cm przed siewem i w okresie wegetacji kukurydzy w zależności od przedplonu i sposobu uprawy roli

Uprawa roli	Przedplon			Średnia
	pszenica ozima	jęczmień jary	kukurydza	
przed siewem				
Płużna	0,91	0,96	1,03	0,97
Bezorkowa głęboka	1,44	1,63	1,63	1,57
Bezorkowa płytka	1,93	2,21	2,28	2,14
Średnia	1,43	1,60	1,65	-
NIR _(0,05) dla: przedplonu – 0,110; uprawy roli – 0,059; interakcji – 0,136				
faza BBCH 32-37				
Płużna	2,21	2,14	2,07	2,14
Bezorkowa głęboka	2,33	2,38	2,35	2,35
Bezorkowa płytka	2,45	2,46	2,51	2,48
Średnia	2,33	2,33	2,31	-
NIR _(0,05) dla: przedplonu – r.n.; uprawy roli – 0,056; interakcji – 0,119				

r.n. – różnice nieistotne

Źródło: Jaskulski i in., 2015 (13)

Tabela 9

Wilgotność gleby (% wag.) w warstwie 0–30 cm przed siewem i w okresie wegetacji kukurydzy w zależności od przedplonu i sposobu uprawy roli

Uprawa roli	Przedplon			Średnia
	pszenica ozima	jęczmień jary	kukurydza	
przed siewem				
Płużna	11,4	11,6	11,5	11,5
Bezorkowa głęboka	11,3	11,8	11,9	11,7
Bezorkowa płytka	11,9	12,1	13,5	12,5
Średnia	11,5	11,9	12,3	-
NIR _(0,05) dla: przedplonu – r.n.; uprawy roli – 0,25; interakcji – 0,52				
faza BBCH 32-37				
Płużna	9,3	9,4	9,9	9,5
Bezorkowa głęboka	9,5	9,6	9,7	9,6
Bezorkowa płytka	10,4	10,3	10,3	10,3
Średnia	9,7	9,8	10,0	-
NIR _(0,05) dla: przedplonu – r.n.; uprawy roli – 0,36; interakcji – r.n.				

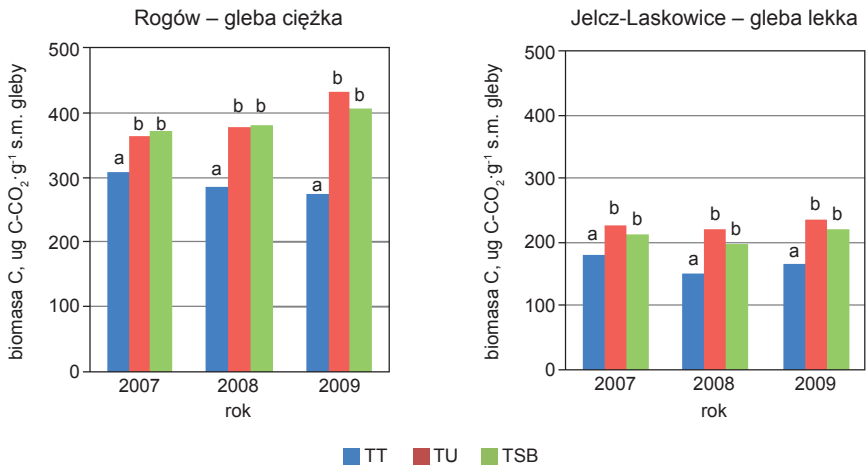
r.n. – różnice nieistotne

Źródło: Jaskulski i in., 2015 (13)

Właściwości mikrobiologiczne gleby

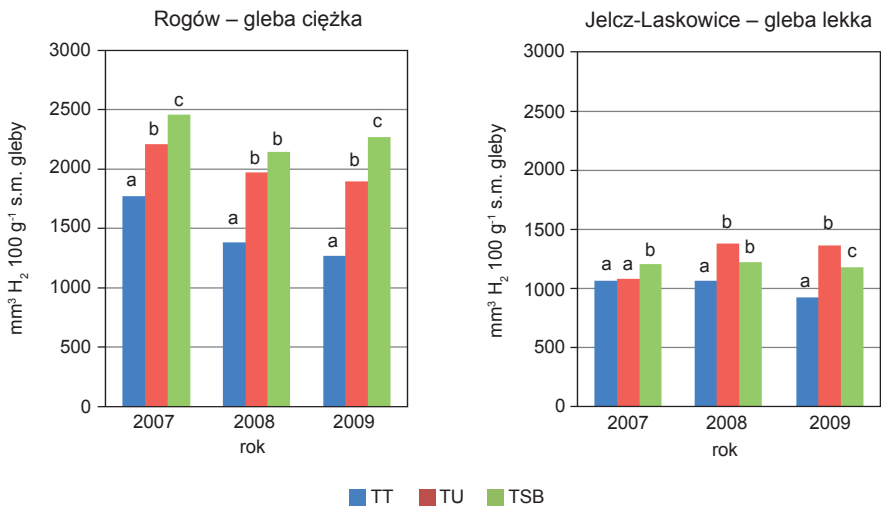
Liczebność drobnoustrojów glebowych oraz aktywność enzymatyczna są czułymi wskaźnikami decydującymi o żyzności i urodzajności gleby. Jednym z ważniejszych wskaźników zmian zachodzących w glebie jest biomasa mikroorganizmów, która stanowi blisko 85% całkowitej biomasy wszystkich organizmów glebowych, a węgiel zawarty w biomase stanowi od 1 do 5% całkowitej zawartości węgla organicznego w glebie (14, 18). Oszacowano również, że ok. 90% CO₂ wydzielającego się z gleby jest pochodzenia drobnoustrojowego, co wskazuje na duże znaczenie mikroorganizmów w metabolizmie glebowym (8, 24). Biomasa mikroorganizmów, stanowiąca bardzo dynamiczną frakcję glebowej materii organicznej, uważana jest za czuły parametr jakości gleby oraz tempa przemian C i N w glebie (15, 27). Z tych powodów niektórzy autorzy (4) wskazują na możliwość wykorzystania ilości i jakości materii organicznej gleby oraz biomasy mikroorganizmów i ich aktywności (oddychanie, aktywność enzymów) jako wskaźników jakości i produktywności gleby. Zaobserwowano także, że labilna frakcja materii organicznej gleby (POM – Particulate Organic Matter) wykazuje znacznie większą wrażliwość na zmiany zachodzące w środowisku glebowym wywołane sposobem użytkowania i uprawy roli. Wiele badań wskazuje, że POM jest bardzo dynamiczną frakcją materii organicznej gleby i niezwykle ważnym źródłem dostępnego węgla w glebie (3, 8). W związku z tym na przestrzeni ostatnich lat idea użycia POM jako wskaźnika oceny jakości i żyzności gleby została zaakceptowana przez wiodące ośrodki naukowe na całym świecie. Podobne badania dotyczą-

ce omawianego problemu przeprowadzono również w IUNG-PIB w Puławach (7), a uzyskane wyniki przedstawiono na rysunkach 1–3.



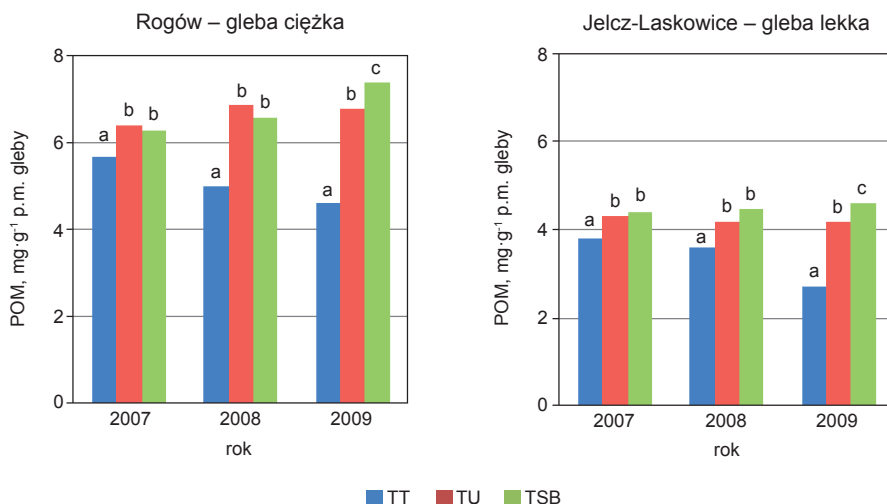
Rys. 1. Zawartość C w biomasy mikroorganizmów w glebie pod pszenicą ozimą uprawianą techniką tradycyjną (TT), bezorkową (TU) i siewu bezpośredniego (TSB)

Źródło: Gajda, 2009 (7)



Rys. 2. Aktywność dehydrogenaz w glebie pod pszenicą ozimą uprawianą techniką tradycyjną (TT), bezorkową (TU) i siewu bezpośredniego (TSB)

Źródło: Gajda, 2009 (7)



Rys. 3. Zawartość POM w glebie pod pszenicą ozimą uprawianą techniką tradycyjną (TT), bezorkową (TU) i siewu bezpośredniego (TSB)

Źródło: Gajda, 2009 (7)

Z badań tych wynika jednoznacznie, że uprawa konserwująca (technika bezorkowa, siew bezpośredni) sprzyja wzrostowi żyzności gleby wyrażonej m.in. zawartością węgla organicznego w biomase mikroorganizmów, aktywnością dehydrogenaz i zawartością POM w glebie w porównaniu z uprawą tradycyjną – płużną, zarówno na glebie ciężkiej, jak też i lekkiej, pomimo wyraźnej różnicy w poziomie uzyskiwanych wartości tych wskaźników w zależności od jakości gleby.

Plonowanie roślin

Dotychczas istnieją rozbieżne opinie na temat wpływu uproszczeń w uprawie roli na plonowanie roślin. Z badań R o s z a k a i n. (25) wynika, że uprawa konserwująca, nawet w najbardziej skrajnej wersji, jaką jest siew bezpośredni, może być prowadzona z powodzeniem przez szereg lat, jeśli będą starannie dobierane herbicydy do zwalczania chwastów, wzrośnie poziom nawożenia oraz częstotliwość wapnowania gleby. Częste są jednak informacje o obniżce plonowania roślin, szczególnie w warunkach siewu bezpośredniego (28). Niektórzy autorzy efekt ten wiążą z wystąpieniem niekorzystnego przebiegu pogody, bowiem w sprzyjających warunkach pogodowych wspomniane obniżki są nieznaczne (5). O rozbieżnych wynikach mógł decydować także dobór stosowanych narzędzi uprawowych oraz związana z tym precyzja uprawy i siewu.

Wyniki wieloletnich badań wskazują, że w pierwszych latach stosowania bezorowych systemów uprawy roli, szczególnie siewu bezpośredniego, na glebach lżejszych uzyskuje się często mniejsze plony roślin niż w tradycyjnej uprawie płuźnej. Jednocześnie te same badania dowodzą, iż w warunkach długoletniego stosowania uprawy konserwującej plony stabilizują się na zbliżonym poziomie, jak uzyskiwane w systemie uprawy płuźnej (tab. 10–12).

Tabela 10

Plonowanie roślin ($t \cdot ha^{-1}$) za 8-letni okres stosowania różnych systemów uprawy roli w ZDD Brody

System uprawy roli	Pszenvica ozima	Pszenvyżto ozime	Jęczmień jary	Grzech siewny
Tradycyjny (płuźny)	8,13	7,89	5,95	3,79
Uproszczony (kultywator ścierniskowy)	7,94	7,66	5,59	3,96
Siew bezpośredni	7,69	7,46	5,16	3,76
NIR _(0,05)	0,38	0,37	0,32	r.n.

r.n. – różnice nieistotne

Źródło: Jankowiak i Małevka, 2008 (12)

Tabela 11

Plonowanie jęczmienia jarego ($t \cdot ha^{-1}$) w zależności od systemu uprawy roli i siedliska (średnio za lata 2007–2010)

System uprawy roli	Punkt doświadczalny – miejscowość		Średnio
	Baborówko	Jelcz-Laskowice	
Tradycyjny	4,26	3,40	3,83
Uproszczony	4,38	2,98	3,68
Siew bezpośredni	4,41	2,29	3,35
Średnio	4,35	2,89	3,62
NIR _(0,05) dla: systemu uprawy roli – 0,38; miejscowości – 0,47			

Źródło: badania własne

Tabela 12

Plonowanie pszenicy ozimej ($t \cdot ha^{-1}$) w zależności od systemu uprawy roli i siedliska (średnio za lata 2007–2010)

System uprawy roli	Punkt doświadczalny – miejscowość				Średnio
	Baborówko	Laskowice	Kępa-Puławy	Rogów	
Tradycyjny	6,50	5,15	7,68	7,41	6,68
Uproszczony	6,38	4,88	8,28	7,50	6,76
Siew bezpośredni	5,91	4,17	8,00	7,10	6,30
Średnio	6,26	4,73	7,99	7,34	6,58
NIR _(0,05) dla: systemu uprawy roli – 0,29; miejscowości – 0,50					

Źródło: badania własne

Przeprowadzone w różnych warunkach siedliskowych badania dotyczące reakcji roślin, w tym pszenicy ozimej i jęczmienia jarego, na uproszczenia w uprawie roli wskazują wyraźnie, iż większe spadki plonu występują w gorszych warunkach siedliskowych (gleby lekkie) i w niekorzystnych stanowiskach – uprawa po złych przedplonach. Po dobrym przedplonie, jak również w sprzyjających warunkach siedliskowych i agrotechnicznych, reakcja roślin na zastosowane uproszczenia w uprawie roli jest słaba lub w ogóle nie występuje (tab. 11–12).

Podsumowanie

We współczesnym rolnictwie uprawa roli obok oddziaływania na wielkość i stabilność plonów powinna stwarzać także warunki do wzrostu lub utrzymania na odpowiednim poziomie żyzności gleby oraz ograniczać ujemne oddziaływanie rolnictwa na środowisko przyrodnicze. Powinna być preferowana konserwująca uprawa roli, polegająca na stosowaniu uprawy bezorkowej z mulczowaniem powierzchni gleby resztkami poźniwnymi i międzyplonami. Pozostawienie resztek pozbiorowych roślin na powierzchni pola przyczynia się do zmniejszenia spływów powierzchniowych i zwiększa retencję wodną gleby. Zmniejszenie intensywności uprawy powoduje spowolnienie procesu rozkładu materii organicznej oraz ograniczenie wydzielania CO₂ do atmosfery.

Istnieje pilna potrzeba wdrożenia do szerokiej praktyki rolniczej uzyskanych dotychczas wyników badań naukowych oraz prac badawczo-rozwojowych nad produkcyjno-ekonomicznymi i środowiskowymi konsekwencjami uproszczeń w uprawie roli. Proponowane rozwiązania charakteryzują się bowiem wieloma zaletami. Ograniczenie ilości, głębokości i intensywności wykonywania zabiegów uprawowych powoduje istotne zmniejszenie jednostkowych kosztów produkcji (mniejsze zużycie paliwa i nakłady robocizny), jak również może prowadzić do eliminowania procesów degradacji gleby, poprawiać biologiczną aktywność i sprzyjać gromadzeniu się próchnicy.

Należy zaznaczyć, że gospodarstwa rolne bazujące na posiadanym aktualnie sprzęcie nie mogą wprowadzać drastycznych zmian w poźniwnym i przedsiwonym przygotowaniu pola pod zasiew, ponieważ mogą one prowadzić do znacznego wzrostu zachwaszczenia roślin uprawnych, głównie chwastami wieloletnimi. Wskazana jest tu także odpowiednia wiedza fachowa samych rolników, ponieważ wszelkie zaniedbania dotyczące stosowania uproszczeń w uprawie roli prowadzą do drastycznej obniżki plonów i pogorszenia się ekonomicznej opłacalności produkcji.

Wydaje się, że w wyniku zastosowania na szerszą skalę optymalnych rozwiązań technologicznych w zakresie uprawy roli, szczególnie w dużych, specjalistycznych gospodarstwach towarowych, wyróżniających się na tle innych zastosowaniem wszelkich innowacji, rolnictwo w Polsce może w znacznym stopniu przyczynić się zarówno do ochrony rolniczej przestrzeni produkcyjnej, jak i zachowania walorów ekologicznych cennych przyrodniczo obszarów krajobrazowych.

Literatura

1. Anken T., Weiskopf P., Zihlmann U., Forrer H., Jansa J., Perhacowa K.: Long-term tillage systems effects under moist cool conditions in Switzerland. *Soil Till. Res.*, 2004, **78**: 171-183.
2. Blecharczyk A., Małeczka I., Sierpowski J.: Wpływ wieloletniego oddziaływania systemów uprawy roli na fizyko-chemiczne właściwości gleby. *Fragm. Agron.*, 2007, **1**: 7-13.
3. Cambardella C.A., Elliott E.T.: Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequences., *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1992, **56**: 777-783.
4. Doran J.W., Jones A.J. (ed.): *Methods for assessing soil quality*. SSSA Special Publication, Madison, WI, USA, 1996, 49.
5. Dzienia S., Zimny L., Weber R.: Najnowsze kierunki w uprawie roli i technice siewu. *Fragm. Agron.*, 2006, **2**: 227-241.
6. Friedrich T., Kienzle J., Epplein J., Basch G.: *Schonende Bodenbearbeitung*. In: *Konservierende Bodenbearbeitung*, Verlag DLG, 2008, 55-77.
7. Gajda A.: Ocena wpływu różnych technik uprawy roli na mikrobiologiczne parametry jakości gleb oraz zawartość drobnocząsteczkowej frakcji materii organicznej (POM). W: *Opracowanie i wdrożenie energooszczędnych technik uprawy roli. Sprawozdanie z realizacji zadania w ramach projektu 6 ZR7 2006C/06735, IUNG-PIB, Puławy 2009*, 58-72.
8. Gajda A.M., Doran J.W., Kettler T.A., Wienhold B. J., Pikul J.L., Cambardella C.A.: Soil quality evaluations of alternative conventional anagement systems in the great plains. In: *Assesment methods for soil carbon*, R. Lal, J.M. Kimble, R.F. Follett and B.A. Stewart (eds). CRC Press LLC, Boca Raton, FL, 2001, 381-400.
9. *Charakterystyka gospodarstw rolnych. Powszechny Spis Rolny 2010*, GUS, Warszawa 2012.
10. Hernanz J., Lopez R., Navarrete L., Sanchez-Giron V.: Long-term effects of tillage systems and rotations on soil structural stability and organic carbon stratification in semiarid central Spain. *Soil Till. Res.*, 2002, **66**: 129-141.
11. Holland J.: The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agric. Ecosys. Environ.*, 2004, **103**: 1-25.
12. Jankowiak J., Małeczka I.: Uproszczenia uprawowe w zrównoważonym rozwoju rolnictwa. W: *Z badań nad rolnictwem społecznie zrównoważonym (6)*. IERiGŻ-PIB, Warszawa 2008, **102**: 87-113.
13. Jaskulski D., Jaskulska I., Janiak A., Boczkowski T.: Changes in some soil properties under the effect of diversified tillage for maize depending on the forecrop. *Acta Sci. Pol. Agric.*, 2015, **14(3)**: 61-71.
14. Jenkinson D.S., Ladd J.N.: Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: *Soil biochemistry*, E.A. Paul and J.N. Ladd (eds). New York and Basel, Marcel Dekker Inc. 1981, **5**: 415-471.
15. Jenkinson D.S., Powlson D.S.: The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring microbial biomass. *Soil Biol. Biochem.*, 1976, **8**: 209-213.
16. Kinsella J.: The effect of various tillage systems in soil compaction. *Farming for a better environment, a white paper*. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, Iowa, USA, 1995, 15-17.
17. Köllner K., Linke Ch.: *Erfolgreicher Ackerbau ohne Pflug*. Verlag DLG, 2001, 5-176.
18. Lynch J.M., Panting L.M.: Cultivation and the soil biomass. *Soil Biol. Biochem.*, 1980, **12**: 29-33.

19. Małecką I., Blecharczyk A.: Wpływ systemów uprawy roli na plonowanie zbóż i właściwości gleby. *Prace Kom. Nauk Rol. i Kom. Nauk Leśn. PTPN*, 2002, **93**: 79-87.
20. McVay K., Budde J., Fabrizzi K., Mikha M., Rice C., Schlegel A., Peterson D., Sweeney D., Thompson C.: Management effects on soil physical properties in long-term tillage studies in Kansas. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, 2006, **70**: 434-438.
21. Mestelan S., Smek N., Durkalski J., Dick W.: Changes in soil profile properties as affected by 44 years of continuous no-tillage. *Proc. 17th ISTRO Conf. Kiel, Germany, 28 August–3 September 2006*: 1135-1140.
22. Pabın J.: Postęp w uprawie i przedsięwzięciu przygotowaniu roli. *Pam. Puł.*, 2002, **130**: 531-539.
23. Radecki A., Opic J.: Metoda siewu bezpośredniego w świetle literatury krajowej i zagranicznej. *Rocz. Nauk Roln., Ser. A*, 1991, **109(2)**: 119-141.
24. Reichle D.E.: The role of soil invertebrates in nutrient cycling. In: *Soil Organisms Components of Ecosystems*, U. Lohm and T. Persson (eds). *Ecological Bulletin*, Stockholm, 1977, 145-56.
25. Roszak W., Radecki A., Opic J.: Możliwości zastosowania siewu bezpośredniego w warunkach Polski centralnej. *Mat. Konf. Nauk. „Siew bezpośredni w teorii i praktyce.” Szczecin-Barzkowice*, 1995, 21-27.
26. Smagacz J.: Badanie materiału glebowego pod kątem chemicznych właściwości gleby. W: *Opracowanie systemu uprawy gleby dla rolnictwa zrównoważonego, Raport z projektu WND POIG 03.03.01-00-042/09, IUNG-PIB Puławy*, 2014.
27. Smith J.L., Paul E.A.: The significance of soil microbial biomass estimations. In: *Soil Biochemistry*, J. Bollag and G. Stotzky (eds). *Marcel Dekker*, New York, 1990, **6**: 357-396.
28. Starczewski J., Kłys D., Bombik A.: Wpływ uproszczonej uprawy przedsięwzięcia na plonowanie żyta. *Mat. Konf. Nauk. „Siew bezpośredni w teorii i praktyce.” Szczecin-Barzkowice*, 1995, 41-48.
29. Weber R.: Wpływ uprawy zachowawczej na ochronę środowiska. *Post. Nauk Rol.*, 2002, **1**: 57-67.
30. Weber R.: Przydatność uprawy konserwującej w rolnictwie zrównoważonym. *Monografie i Rozprawy Naukowe IUNG-PIB*, 2010, **25**: 1-72.
31. Wróbel S., Nowak – Winarska K.: Dostępność składników pokarmowych dla roślin w warunkach uproszczeń w uprawie roli. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2007, **8**: 177-192.

Adres do korespondencji:

dr hab. Janusz Smagacz, prof. nadzw.

Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej

IUNG-PIB

ul. Czartoryskich 8

24-100 Puławy

tel.: 81 47 86 804

e-mail: smagacz@iung.pulawy.pl

